新疆阿勒泰地区草地螟成虫发生特征

阿孜古丽·阿布力孜[1,#]，牙森·沙力[1,#]，族米娜[1]，阿曼古力·吐尼亚孜[1]，
吴乐年[2]，徐光青[3]，赵　莉[1,*]

（1. 新疆农业大学农学院，乌鲁木齐 830052；2. 哈巴河县治蝗灭鼠办公室，新疆阿勒泰 836700；
3. 阿勒泰地区蝗虫鼠害预测预报防治站，新疆阿勒泰 836500）

摘要：【目的】明确草地螟 *Loxostege sticticalis* 成虫在新疆阿勒泰地区发生消长规律以及卵巢发育与种群动态和迁飞之间的关系。【方法】采用高空探照灯诱集草地螟成虫并解剖卵巢，观察卵巢发育进度。【结果】研究区域存在草地螟成虫数量突增突减现象;2015 年发生量比 2016 年多,2015 年草地螟 8 月 30 日消失,2016 年草地螟 8 月 22 日消失。2015 和 2016 年草地螟成虫夜间在第 2 时段(00:10 - 01:50)、第 3 时段(01:50 - 03:30)出现次数多。2015 年第一代草地螟成虫数量突然增加时,65.5% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级;自 7 月下旬第一代草地螟成虫数量呈现下降趋势,此时 69.1% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级。2016 年第一代草地螟成虫数量突然增加时,71.25% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级。2015 和 2016 年第一代草地螟雌蛾中各级别卵巢均能解剖到,但是Ⅲ和Ⅳ级卵巢的比例仍然最高。【结论】2015 和 2016 年新疆阿勒泰地区草地螟属于外地虫源迁入和本地虫源形成的混合种群。

关键词：草地螟；卵巢发育；种群动态；迁飞；迁入；迁出；新疆

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2018)09-1106-08

Occurrence characteristics of adults of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Altay, Xinjiang, northwestern China

AZIGULI Abulizi[1,#], YASEN Shali[1,#], ZU Mi-Na[1], AMANGULI Tuniyazi[1], WU Le-Nian[2], XU Guang-Qing[3], ZHAO Li[1,*] (1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Station of Locust and Rodent Control of Habahe County, Altay, Xinjiang 836700, China; 3. Station of Locust and Rodent Control of Altay Prefecture, Altay, Xinjiang 836500, China)

Abstract: 【Aim】This study aims to determine the increasing patterns of adults of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* in Altay, Xinjiang, northwestern China, and the relationship between its ovarian development and population dynamics and migration. 【Methods】*L. sticticalis* adults were trapped using high-altitude searchlight, and their ovaries were dissected to identify the status of ovarian development. 【Results】The numbers of *L. sticticalis* adults in the study sites exhibited a phenomena of sudden increase and decrease, occurring more frequently in 2015 than in 2016. *L. sticticalis* disappeared on 30 August 2015 and on 22 August 2016. Adults appeared the most in the second (00:10 - 01:50) and third (01:50 - 03:30) periods during the night in 2015 and 2016. In 2015, most ovaries (65.5%) were in the stage Ⅲ when the first generation adults increased sharply, and most ovaries (69.1%) were in the

基金项目：新疆自治区人力资源与社会保障厅高层次人才引进工程项目(201301)；新疆农业大学研究生科研创新项目(XJAUGRI2016012)

作者简介：阿孜古丽·阿布力孜，女，1992 年 5 月生，新疆库车人，硕士研究生，研究方向为农业昆虫与害虫防治，E-mail：1901500887@qq.com；牙森·沙力，男，1979 年 10 月生，新疆哈密人，博士后，研究方向为昆虫生物学与资源昆虫，E-mail：ysxjau@sina.com

[#]并列第一作者 Authors with equal contribution

[*]通讯作者 Corresponding author, E-mail：xjkcjys@163.com

收稿日期 Received：2018-01-05；接受日期 Accepted：2018-06-07

stage Ⅱ from the end of July when the first generation adults decreased. In 2016, most ovaries (71.25%) were in the stage Ⅳ when the first generation adults increased sharply. In 2015 and 2016, various stages of ovaries could be found in the first generation adults in Altay, but the proportions of stages Ⅲ and Ⅳ ovaries were higher than those of other stage ovaries. 【Conclusion】*L. sticticalis* in Altay, Xinjiang is the mixed population of the immigrant and local breeding populations.

Key words: *Loxostege sticticalis*; ovarian development; population dynamics; migration; immigration; emigration; Xinjiang

草地螟 *Loxostege sticticalis* 别名黄绿条螟、甜菜网螟,俗称罗网虫,是一种世界性分布的多食性农牧业害虫(陈晓, 2010; 王倩倩, 2014)。草地螟具有间歇暴发、集中迁移危害的特点,其发生来势凶猛、密度大、危害严重(张李香等, 2010)。草地螟又是一种迁飞性害虫,通过迁飞,草地螟不仅较好地适应了当地环境条件的变化,而且维持了种群的生存与繁衍(程云霞等, 2013)。草地螟幼虫为多食性,寄主植物种类有大豆、甜菜、苜蓿等 35 科 200 余种植物(李红, 2008; 王蕾, 2012; 马琳, 2014)。国外文献研究指出草地螟仍严重发生于俄罗斯、哈萨克斯坦、塞尔维亚等国家的部分地区(Alekseev *et al*., 2008; Shakhmaev *et al*., 2009)。在我国,草地螟主要在华北、东北和西北地区为害农作物和牧草(田晓霞, 2010; 程云霞等, 2013; 徐忠宝等, 2013);并且我国东北地区草地螟暴发虫源来自内蒙古乌蒙地区、中蒙边境地区及中俄边境地区(张云慧等, 2008)。草地螟在新疆克拉玛依市乌尔禾地区和阿勒泰地区曾有过严重发生为害的记载,此后在阿勒泰农田未出现暴发情况(芦屹等, 2013)。自 2005 年开始,草地螟在阿勒泰地区种群个体数量急剧上升,陆续扩大为和田、塔城、伊犁州、博尔塔拉等地区,呈发生严重的趋势(芦屹等, 2013)。

2012 年芦屹等在新疆利用虫情测报灯对草地螟进行研究,分析认为本地主要虫源地越冬基数较大,北疆西北边境地区不排除有本地山区虫源或境外虫源的迁入(芦屹等, 2013)。张云慧等(2008)在内蒙古乌兰察布区域使用雷达、高空探照灯、地面诱虫灯等相关辅助设备对草地螟飞行高度、飞行时间进行调查,根据草地螟飞行高度分析了相应高度的空中盛行风场,并对草地螟迁飞的虫源进行分析。王晗等(2011)在阿勒泰地区采用测报灯诱蛾法和扫网法对草地螟种群动态变化和雌蛾卵巢发育进行探讨。张丽(2010)在内蒙古锡林浩特利用雷达监测,结合探照灯和地面诱虫灯对牧区 2 代草地螟的迁飞过程进行研究。本研究于 2015 和 2016 年在阿勒泰哈巴河县采用高空探照灯诱蛾,结合卵巢发育观察,分析在阿勒泰哈巴河草地螟成虫空中种群的发生情况和特点;并结合分时段自动诱集装置开展的发生期夜间连续 9 h 自动收集灯诱草地螟,用于分析草地螟成虫空中(迁飞)种群的发生情况和特点,探讨其发生原因,对于进一步明确本地区草地螟的发生规律、提高其预警能力具有重要意义。

1　材料与方法

1.1　草地螟个体数量灯诱监测

2015 年 6 – 9 月和 2016 年 6 – 9 月高空探照灯位于阿勒泰哈巴河草地螟监测试验站内。探照灯诱虫器由 GT75 型探照灯制作而成,装置 ZJD 400 W 金属卤化物灯泡。探照灯用铁圈架在白铁皮制成的大漏斗内,漏斗下端接以直径 10 cm 的集虫口,探照灯和白铁皮制成的大漏斗一起固定在 100 cm × 100 cm × 120 cm 的金属支架上。高空探照灯,每天日落开,日出关。设置 4 个探照灯,使用时控开关对每一盏灯进行分时段开关控制,哈巴河 6 – 9 月日落时间在 22:00 – 22:30,日出时间在 05:30 – 06:00。2015 和 2016 年 6 月 9 日开始 4 个探照灯都开始运行,晚上的工作时间划分为第 1 – 4 时段,依次为 22:30 – 00:10, 00:10 – 01:50, 01:50 – 03:30 和 03:30 – 05:30;用于分析探照灯下空中成虫的数量动态及其夜间活动特征。先从形态学上分辩雌雄(徐林波等, 2007),计算草地螟成虫数量,全部雌虫做卵巢解剖,记录卵巢发育进度,直至成虫消失为止。

1.2　判断草地螟迁飞的生理指标

根据雌蛾卵巢发育等级判断草地螟的迁飞特性。若以迁入为主,在发蛾时,一部分雌蛾卵巢发育等级处于Ⅲ和Ⅳ级;若以迁出为主,草地螟卵巢发育处于Ⅰ和Ⅱ级(孙雅杰等, 1992)。

1.3　雌蛾卵巢发育进度鉴别

鉴别卵巢发育进度,主要观察卵巢小管内的卵室、卵粒发育状态、交配囊内是否存有精包,脂肪体

消耗情况等,将草地螟雌蛾卵巢发育分成4级,各级区别标准参考孟正平(2007)。解剖每头雌蛾卵巢时记录其发育等级。

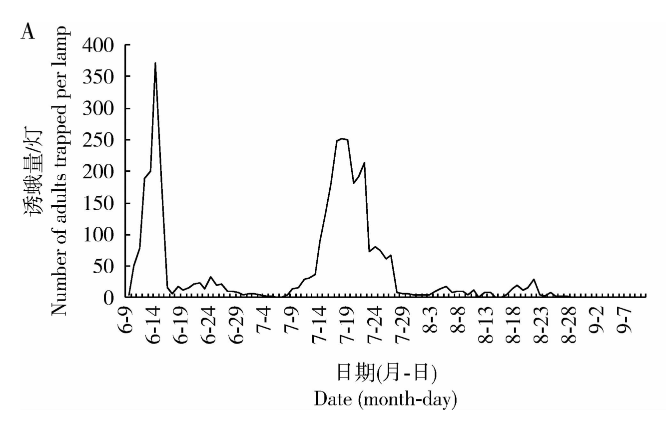
1.4 数据分析

数据分析采用软件 DPS V7.05。利用双变量相关分析中的 Pearson 相关系数进行相关性分析,相关分析的显著性用双尾 *t* 检验分析,利用单因素方差分析中的 LSD 法进行方差分析。

2 结果

2.1 草地螟个体数量变化

2015 年6 月 10 - 14 日草地螟越冬代成虫数量存在突增现象,9 日探照灯诱虫 4 头/灯,10 日突增到 50 头/灯,11 - 15 日也维持在较高水平,单灯蛾量均为 205 头左右,16 日数量开始减少。7 月初灯下开始见第一代草地螟成虫,7 月 8 - 10 日单灯蛾量保持在 5 - 16 头。7 月 11 - 18 日第一代草地螟成虫数量突然增加,7 月 18 日第一代成虫数量达到 251 头/灯。7 月 19 日后开始减少,8 月 23 日单灯下蛾数量仅为 5 头左右,8 月 30 日草地螟成虫消失(图 1: A);2016 年越冬代草地螟成虫 6 月 18 日开始减少,6 月 23 日以后探照灯下几乎没有诱集到草地螟成虫。7 月初灯下开始见第一代草地螟成虫,7 月26 和 27 日出现突增现象,25 日探照灯诱虫 4 头/灯,26 日突增到 32 头/灯,27 日突增到 70 头/灯,其他时期单灯蛾量为 1 ~ 12 头左右,8 月初单灯蛾量降至到 5 头之下,8 月 22 日草地螟成虫消失(图 1: B)。说明 2015 年草地螟的发生量比 2016 年多。



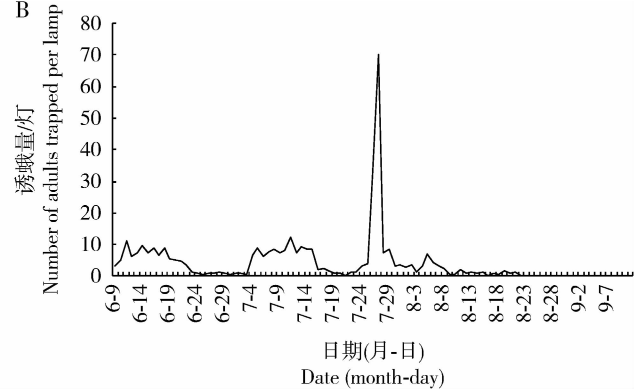


图 1 2015 年(A)和 2016 年(B)草地螟成虫在探照灯下的种群动态

Fig. 1 Population dynamics of *Loxostege sticticalis* adults trapped by searchlight in 2015 (A) and 2016 (B)

2.2 草地螟成虫夜间活动规律

6 月 9 日 -9 月 11 日从 22:30 开始开灯,结果显示,两年内草地螟的扑灯节律具有一致性,越冬代和第一代空中成虫的扑灯高峰主要集中在下半夜(图2: A, B)。2015 年两个世代每个时段都出现过扑灯情况,尤其是下半夜即第 2 时段(00:10 - 01:50)诱蛾数量较高,此时段的扑灯蛾量占扑灯种群总蛾量的 43.68%,其次为第 3 时段(01:50 - 03:30),此时段的扑灯蛾量占扑灯种群总蛾量的 31.65%(图2: A)。2016 年草地螟成虫各时段的扑灯数量不多,但在 00:10 - 01:50 时段诱蛾数量较高,此时段的扑灯蛾量占扑灯种群总蛾量的 44.17%,其次为 01:50 - 03:30 时段,此时段的扑灯蛾量占扑灯种群总蛾量的 26.77%(图2: B)。综上所述,诱集的高空草地螟种群动态(扑灯类型)均为单峰类型,且扑灯高峰主要集中在下半夜,即草地螟成虫夜间空中活动特征是以午夜(00:10 - 03:30)为主的单峰型。

2.3 草地螟种群动态与卵巢发育的变化规律分析

2015 年哈巴河县 6 月 10 - 14 日越冬代草地螟成虫数量突然增加,此时 55.8% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级。从 6 月 15 日出现越冬代草地螟成虫数量下降趋势,6 月 15 - 18 日, 40.5% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级。6 月 19 - 23 日 55.8% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级,25.1% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级(图 3: A)。进入 7 月份以后,至 7 月 7 日,探照灯下诱虫量只有零星几头。7 月 8 - 10 日第一代草地螟成虫数量开始升高,此时 58.3% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级,14.1% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级。7 月 11 - 18 日第一代草地螟成虫数量突增,此时 65.5% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级,该时期草地螟种群出现外地迁入的虫源。从7月19日第一代草地螟成虫数量开

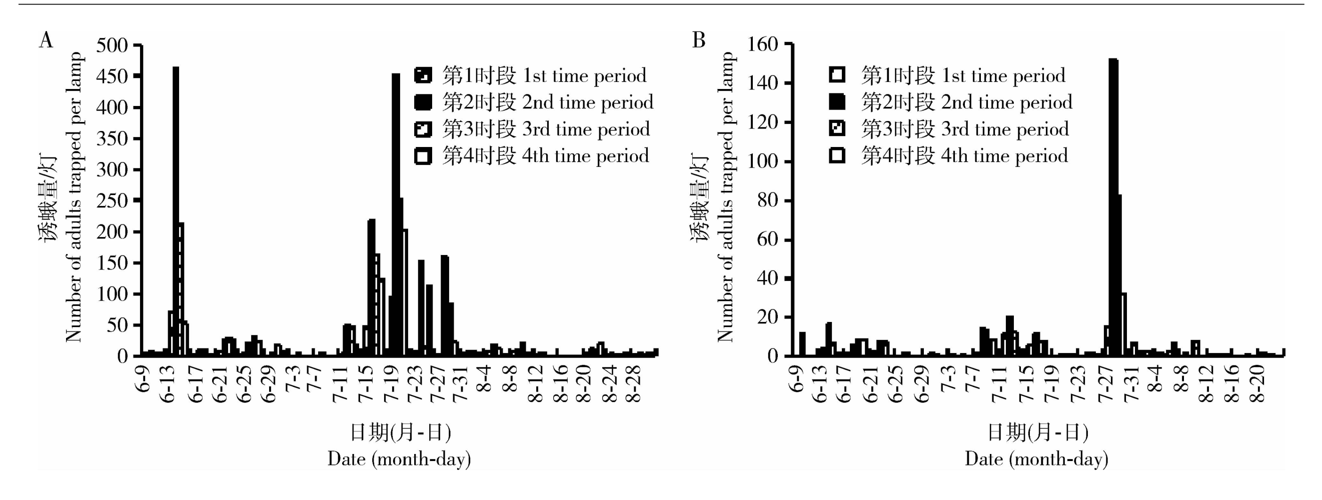


图 2　草地螟在 2015(A)和 2016(B)年夜间不同时间段的分布

Fig. 2　Distribution of *Loxostege sticticalis* during different periods of night in 2015 (A) and 2016 (B)

第 1 时段 1st time period：22:30 – 00:10；第 2 时段 2nd time period：00:10 – 01:50；第 3 时段 3rd time period：01:50 – 03:30；第 4 时段 4th time period：03:30 – 05:30.

始降低，7 月 19 – 25 日 25.6% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级，由于该地草地螟虫源导致 69.1% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级。7 月 26 日 – 8 月 9 日 83.2% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级，11.3% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级。8 月 10 日之后处于Ⅳ级的雌蛾卵巢发育比例缓慢上升，此时第一代草地螟成虫数量呈现下降趋势，至 8 月 30 日全部消失(图 3：B)。结果表明，2015 年在阿勒泰区域的草地螟种群结构是本地虫源和外地迁入虫源组成的。

2016 年 6 月 9 – 18 日 22.2% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级，51.6% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级，此时越冬代草地螟成虫数量增加。6 月 19 – 22 日越冬代草地螟成虫数量下降，此时 46.8% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级，50% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级(图 4：A)。进入 7 月份以后，至 7 月 3 日，探照灯下诱虫量只有零星几头。7 月 4 – 13 日第一代草地螟成虫数量增加，此时 67% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级，20.3% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级。7 月 26 日和 27 日数量突然增加，此时 71.25% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级。之后处于Ⅳ级的雌蛾卵巢发育比例上升，此时第一代草地螟成虫数量呈现下降趋势，8 月 22 日全部消失(图4：B)。结果表明，2016 年阿勒泰区域存在外地迁入的虫源。

2.4　草地螟雌蛾各级卵巢的比例

2015 年第一代草地螟成虫卵巢Ⅲ级的比例为 39.5% ±4.6%，高于其余各期卵巢的比例，Ⅰ和Ⅱ级、Ⅱ和Ⅳ级、Ⅲ和Ⅳ级之间没有显著差异，其余各期卵巢的比例之间有显著差异(图 5：A)。2015 年第一代草地螟雌蛾中各级别卵巢均能解剖到，但是Ⅲ和Ⅳ级卵巢的比例仍然最高，因此该地草地螟属于外地虫源迁入和本地虫源形成的混合种群。

2016 年第一代草地螟成虫卵巢Ⅳ级的比例为 42.9% ±5.2%，显著高于其余各期卵巢的比例，Ⅰ和Ⅱ级、Ⅱ和Ⅲ级之间没有显著差异，其余各期卵巢的比例之间有显著差异(图 5：B)。2016 年第一代草地螟雌蛾中各级别卵巢均能解剖到，但是Ⅲ和Ⅳ级卵巢的比例仍然最高，因此该地草地螟属于外地虫源迁入和本地虫源形成的混合种群。

3　结论与讨论

根据 2015 和 2016 年两年的数据结果显示，2015 和 2016 年草地螟扑灯总数量分别为 15 279 头和 1 543 头，2015 年的草地螟扑灯总数量是 2016 年的 9.9 倍。且 2015 年日最大诱虫量为 1 005 头，2016 年日最大诱虫量为 281 头。两年比较 2015 年是草地螟大发生的一年，有惊人的虫量增长。王晗等(2011)研究报道 2010 年在阿勒泰区域第一代草地螟最大高峰日出现在 8 月初，此时百步惊蛾数量达到 1 000 头以上。芦屹等研究报道 2012 年在阿勒泰区域测报灯下第一代草地螟最大高峰日出现在 7 月 17，19 和 27 日，此时诱蛾数量达到 1 000 头以上(芦屹等，2013)。本研究结果显示，2015 和 2016 年第一代草地螟最大高峰日分别出现在 7 月 18 日和 7 月 27 日。本结果与王晗等(2013)和芦屹等(2013)的研究结果基本相同。

解剖雌虫生殖系统，根据卵巢发育级别的组成比例，可基本区分不同时期虫源的性质(程遐年等，

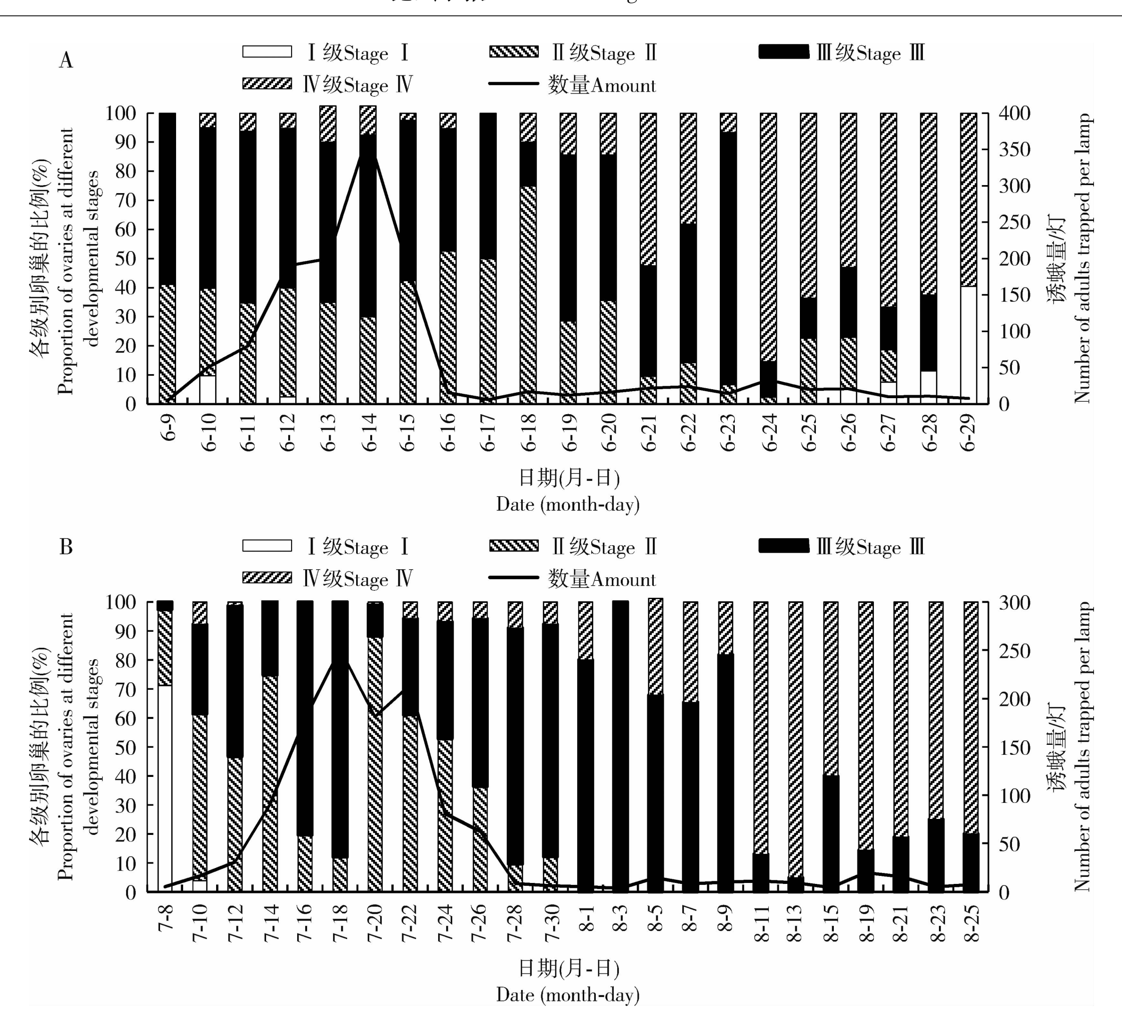


图 3 2015 年越冬代(A)和第一代(B)草地螟成虫种群个体数量与卵巢发育的变化

Fig. 3 Variation in the population size and developmental stages of ovaries of the overwintering generation (A) and the first generation (B) adults of *Loxostege sticticalis* in 2015

各级卵巢的特征:Ⅰ级:腹内有大量脂肪体,卵巢管呈透明状,初期卵巢小管短细。中期在卵巢小管内可见半透明的结节状卵室轮廓。后期在卵室在中部出现横向、线状的不透明卵黄沉积物;Ⅱ级:腹内有较多脂肪体,卵巢小管较长,较粗。初期,卵黄沉积物占卵室空间 1/3 以上。后期,卵室全部为卵黄所沉积,但无乳白色的卵壳覆盖;Ⅲ级:腹内脂肪体明显减少,卵巢管内有大量成熟待产的卵粒或部分卵已产出。卵巢小管显著变粗变长。初期小管中出现成熟卵,但卵管柄有卵管塞。后期卵管塞消失。Ⅳ级:腹内脂肪体很少,卵巢萎缩,卵巢小管短而皱缩,卵巢柄内重现黄色卵管塞。图 4 和 5 同。The characteristics of various ovarian developmental stages are as follows: Stage Ⅰ: A lot of fat bodies are present in the abdomen, and ovarian tubules are transparent. In the preliminary stage, the ovarian tubules are short and thin. In the middle stage, translucent nodular ovary profile was found in the ovarian tubules. In the late stage, transversely linear opaque yolk deposits in the middle of the ovary. Stage Ⅱ: A lot of fat bodies are present in the abdomen, and ovarian tubules are longer and coarse. In the preliminary stage, yolk deposits occupy more than 1/3 of the ovary space. In the late period, ovary chambers are deposited by yolk, without milky white egg shell. Stage Ⅲ: The fat bodies decrease significantly in the abdomen, a large number of mature or partial eggs are produced in ovarian tubules. The ovarian tubules are significantly coarser and longer. In the preliminary stage, mature eggs appear in the small tubules, but the stalk of the oviduct has an oviduct plug. In the late period, oviduct plug disappear. Stage Ⅳ: The fat bodies are very few in the abdomen, ovaries atrophy, ovarian tubules are short and wrinkled, and yellow oviduct plug occurs in the stalk of the ovary. The same for Figs. 4 and 5.

1979)。本研究调查结果显示,2015 年 7 月 11 - 18 日在阿勒泰区域出现草地螟种群个体数量突增现象,此时 65.5% 的雌蛾卵巢发育处Ⅲ级;2016 年 7 月 26 和 27 日草地螟成虫数量突然增加,此时 71.25% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅳ级,由此初步判断外地虫源是阿勒泰区域草地螟种群的组成部分之一。2015 年从 7 月 19 日第一代草地螟成虫数量开始下降,7 月 19 -25 日 25.6% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅲ级,69.1% 的雌蛾卵巢发育处于Ⅱ级,因此可推测阿勒泰区域也存在本地虫源。2015 和 2016 年的第一代草地螟卵巢发育级别比例(图 5)显示,阿勒泰地区第一代草地螟雌蛾中各级别卵巢均能解剖到,其中

图 4　2016 年越冬代(A)和第一代(B)草地螟成虫种群个体数量与卵巢发育的变化

Fig. 4　Variation in the population size and developmental stages of ovaries of the overwintering generation (A) and the first generation (B) adults of *Loxostege sticticalis* in 2016

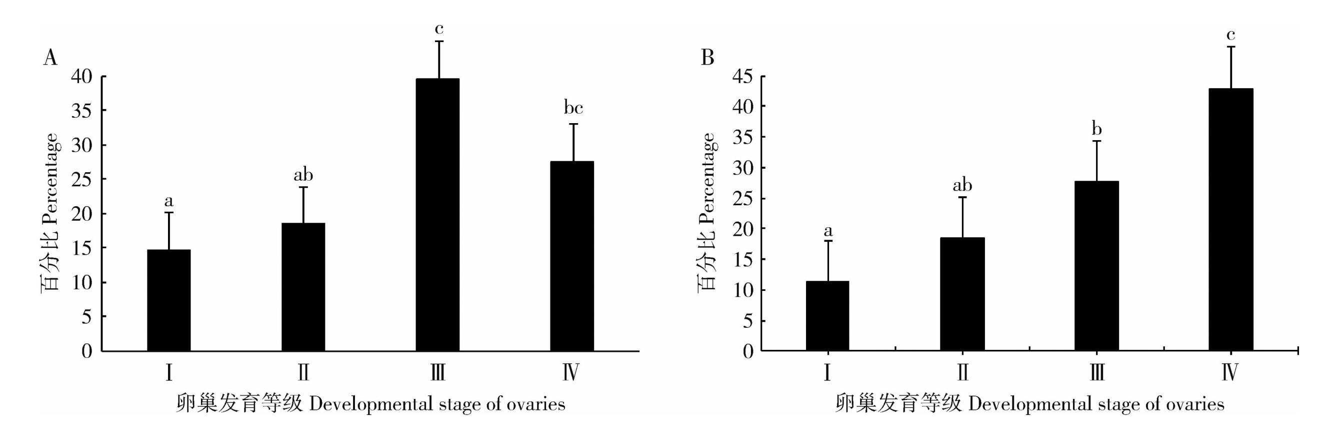


图 5　2015 年(A)和 2016 年(B)第一代草地螟成虫的卵巢发育等级

Fig. 5　Developmental stages of ovaries of the first generation adults of *Loxostege sticticalis* in 2015 (A) and 2016 (B)

柱上不同小写字母表示经 LSD 检验差异显著($P<0.05$). Different small letters above bars mean significant difference by LSD test ($P<0.05$).

Ⅲ和Ⅳ级卵巢的比例最高。还有依据前人的研究报道,如 2012 年芦屹等在新疆对草地螟虫源进行调研,研究指出阿勒泰地区的本地虫源是草地螟种群的主要虫源(芦屹等, 2013),他们发现 2010 年阿勒泰地区首次出现 2 代幼虫为害,并在田间发现越冬虫茧,此后,阿勒泰地区 2 代幼虫为害面积逐年扩大,连续发现越冬茧。哈巴河县治蝗办 2014 年秋季和 2015 年春季野外调查也发现草地螟越冬活虫茧。因此在芦屹等(2013)的研究结果基础上,结合本研究结果可以进一步表明阿勒泰区域草地螟种群属于外地虫源迁入和本地虫源形成的混合种群。

通过连续两年的草地螟夜间活动规律试验发现

草地螟年度间扑灯量有所不同,但两年的扑灯节律基本相同。草地螟的扑灯高峰期都在下半夜,呈现“单峰型”扑灯行为节律。由高空探照灯诱集到的草地螟是以午夜 00:10 –03:30 时段为主的单峰型,表现出迁飞活动的特征;推测其主要是迁入或迁飞过境的种群,并可推测 03:30 –05:30 时段诱到飞行时间最长的种群。已有研究报道,在我国草地螟在日落后开始集中起飞(封洪强, 2003; 张云慧等, 2008; 张丽, 2012)。张云慧等(2008)在内蒙古集宁市区域对草地螟进行雷达及高空探照灯监测表明,日落后的雷达显示在空中上半夜 22:00 –00:00 时段就出现一次虫量高峰,而在下半夜 00:00 –02:00时段又出现一次虫量高峰;均为迁入或迁飞过境的种群。本研究发现在阿勒泰地区的草地螟成虫在下半夜 00:10 –01:50 和 01:50 –03:30 时段诱虫数量较高,这与张云慧等(2008)的监测结果基本相近。昆虫属于变温动物,温度是其行为活动的限制性因子,气温对其活动规律的影响,直接影响了昆虫的扑灯节律(高月波和翟保平, 2010)。受环境气候因素如温度、湿度、风向、光照、降雨、月周期和风力等多种因素能够对昆虫扑灯节律产生影响(顾国华等, 2004)。因此,在新疆和内蒙古不同区域的草地螟高空诱集的草地螟扑灯节律会略有不同,但基本的迁飞行为特征是一致的。本研究中解剖结果显示,2015 年 7 月 11 –18 日以及 2016 年 7 月 26 和 27 日存在外地迁入的虫源,并外地虫源的扑灯高峰主要集中在后半夜 00:10 –01:50 和 01:50 –03:30 时段诱虫数量较多。

本研究仅观察了近两年草地螟成虫发生规律和卵巢发育级别,新疆地区草地螟的具体迁飞行为及迁飞路径尚不确定,深入研究草地螟的迁飞规律将为草地螟的预测预报和有效防治提供基础。本研究仅以阿勒泰哈巴河县为例分析了两年草地螟成虫在空中的数量动态和扑灯节律,由于灯的数量较少需要扩大研究地域范围,进一步开展不同地区草地螟成虫在夜景高空中种群的时序动态研究,从而明确空中种群的活动特征与其迁飞规律的关系,并充分发挥高空探照灯在迁飞性害虫监测方面的优势,以便更好地利用高空探照灯数据进行迁飞性害虫的异地预测。

参考文献(References)

Alekseev AA, Serebrov VV, Gerber ON, Dubovskii IM, Glupov VV, Ushakova MA, Rauschenbach IY, 2008. Physiological and biochemical distinctions between solitary and gregarious caterpillars of the meadow moth *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Doklady Biol. Sci.*, 422(2): 316 –317.

Chen X, 2010. The Migration, Overwinter Regulation and Outbreak Mechanism of *Loxostege sticticalis*. PhD Dissertation, Nanjing Agricultural University, Nanjing. [陈晓, 2010. 草地螟迁飞、越冬规律及暴发机制研究. 南京: 南京农业大学博士学位论文]

Cheng SN, Chen RC, Xi X, Yang LM, Zhu ZL, Wu JC, Qian RG, Yang JS, 1979. Studies on the migrations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. *Acta Entomol. Sin.*, 22(1): 1 –21. [程遐年, 陈若篪, 习学, 杨联民, 朱子龙, 吴进才, 钱仁贵, 杨金生, 1979. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. 昆虫学报, 22(1): 1 –21]

Cheng YX, Liu KK, Kang AG, Luo LZ, Jiang XF, Zhang L, 2013. The physiological and environmental aspects of an immigrant and re-emigrant population of beet webworm, *Loxostege sticticalis*. *Plant Prot.*, 39(3): 26 –30. [程云霞, 刘科科, 康爱国, 罗礼智, 江幸福, 张蕾, 2013. 草地螟迁入和再迁飞种群的生理环境特征分析. 植物保护, 39(3): 26 –30]

Feng HQ, 2003. Community Aloft and Radar Observations of Seasonal Migration of Insects in Northern China. PhD Dissertation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [封洪强, 2003. 华北地区空中昆虫群落及昆虫季节性迁移的雷达观测. 北京: 中国农业科学院博士学位论文]

Gao YB, Zhai BP, 2010. Progress in the mechanisms of insect orientation. *Chin. Bull. Entomol.*, 47(6): 1055 –1065. [高月波, 翟保平, 2010. 昆虫定向机制研究进展. 昆虫知识, 47(6): 1055 –1065]

Gu GH, Ge H, Chen XB, Han J, Yin JF, Shen YF, Ji H, Cui J, 2004. Study on and application of the rhythm of several night-active insects to light trap in the night. *J. Hubei Agric. Coll.*, 24(3): 174 –177. [顾国华, 葛红, 陈小波, 韩娟, 印建峰, 沈一飞, 季桦, 崔娟, 2004. 几种夜出性昆虫夜间扑灯节律研究及应用. 湖北农学院学报, 51(3): 174 –177]

Li H, 2008. Determination of Species and Parasitism Rates of the Larval Parasitoids of *Loxostege sticticalis* in Different Habitats. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [李红, 2008. 草地螟幼虫寄生天敌种类、寄生率及其影响因子的研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文]

Lu Y, Wang HQ, Wei XZ, Chen R, Han ST, Li J, 2013. Analysis of the characteristics and causes of heavy occurrence of *Loxostege sticticalis* in Xinjiang in 2012. *China Plant Prot.*, 33(12): 47 –51. [芦屹, 王惠卿, 魏新政, 陈蓉, 韩顺涛, 李晶, 2013. 2012 年新疆草地螟重发特点及原因分析. 中国植保导刊, 33(12): 47 –51]

Ma L, 2014. The regularity of outbreak and integrated control technique of *Loxostege sticticalis*. *Modern Agric.*, (8): 35 – 36. [马琳, 2014. 突发性害虫草地螟发生规律与综合防治技术. 现代农业, (8): 35 –36]

Meng ZP, 2007. Anatomic technique of female ovarian dissection of *Loxostege sticticalis*. *China Plant Prot.*, 27(12): 28 –29. [孟正平, 2007. 草地螟雌蛾卵巢解剖技术. 中国植保导刊, 27(12):

28 – 29]

Shakhmaev RN, Ishbaeva AU, Shayakhmetova IS, 2009. Stereoselective synthesis of 11 (*E*)-tetradecen-1-ylacetate-sex pheromone of sod webworm (*Loxostege sticticalis*). *Russ. J. Gen. Chem.*, 79 (6): 1171 – 1174.

Sun YJ, Wang SY, Bao XZ, Chen RL, 1992. Application of female ovarian dissection on the forecast of *Loxostege sticticalis*. *China Plant Prot.*, 12(2): 10 – 13. [孙雅杰，王素云，暴祥致，陈瑞鹿，1992. 草地螟雌蛾发育分级及其在测报中的应用. 中国植保导刊，12(2): 10 – 13]

Tian XX, 2010. The Wasp Parasitoids and Their Regulating Roles to the Population of Beet Webworm. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [田晓霞，2010. 草地螟寄生蜂及其对寄主种群的控制作用. 北京：中国农业科学院硕士学位论文]

Wang H, Mu C, Ni YF, Lin J, Yu F, Wu LN, Xu GQ, Ji R, 2011. Study on *Loxostege sticticalis* ovary development and its resource in Altay, Xinjiang. *Xinjiang Agric. Sci.*, 48(7): 1324 – 1328. [王晗，穆晨，倪亦非，林俊，于非，吴乐年，徐光青，季荣，2011. 新疆阿勒泰地区草地螟一代成虫卵巢发育与虫源性质探讨. 新疆农业科学，48(7): 1324 – 1328]

Wang L, 2012. The Selection of *Loxostege sticticalis* the Host Plants and Determination of the Biologically Active Substances. MSc Thesis, Northeast Agricultural University, Harbin. [王蕾，2012. 草地螟对寄主植物选择性及生物活性物质鉴定. 哈尔滨：东北农业大学硕士学位论文]

Wang QQ, 2014. Character Analysis of the Selection of *Loxostege sticticalis* to Host Plant. MSc Thesis, Yunnan Agricultural University, Kunming. [王倩倩，2014. 草地螟对不同寄主植物的选择特性研究. 昆明：云南农业大学硕士学位论文]

Xu LB, Liu AP, Wang H, 2007. Studies on biological characteristic and virulence test of *Loxostege sticticalis*. *Pratacult. Sci.*, 24(9): 83 – 85. [徐林波，刘爱萍，王慧，2007. 草地螟的生物学特性及室内毒力测定研究. 草业科学，24(9): 83 – 85]

Xu ZB, Liu AP, Xu LB, Gao SJ, Cui ZL, 2013. Preliminary study of the bionomics of *Agrypon flexorius*. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 50 (4): 981 – 990. [徐忠宝，刘爱萍，徐林波，高书晶，崔智林，2013. 草地螟阿格姬蜂生物学特性初步研究. 应用昆虫学报，50(4): 981 – 990]

Zhang L, 2012. Radar Observations of Meadow Moths Occurrence and Forcasting Investigation. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [张丽，2010. 草地螟的雷达监测与早期预警研究. 北京：中国农业科学院硕士学位论文]

Zhang LX, Fan JS, Wang GQ, 2010. Research advances on *Loxostege sticticalis* in China. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 26 (1): 215 – 218. [张李香，范锦胜，王贵强，2010. 中国国内草地螟研究进展. 中国农学通报，26(1): 215 – 218]

Zhang YH, Chen L, Cheng DF, Jiang YY, Lu Y, 2008. The migratory behaviour and population source of the first generation of the *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) in 2007. *Acta Entomol. Sin.*, 51(7): 720 – 727. [张云慧，陈林，程登发，姜玉英，吕英，2008. 草地螟 2007 年越冬代成虫迁飞行为研究与虫源分析. 昆虫学报，51(7): 720 – 727]

（责任编辑：赵利辉）